

51

Int. Cl.: A 1 f

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

DEUTSCHES PATENTAMT



52

Deutsche Kl.: 21 g, 2/01

10

11

21

22

43

# Offenlegungsschrift 1 489 088

Aktenzeichen: P 14 89 088.1 (L 49163)

Anmeldetag: 30. Oktober 1964

Offenlegungstag: 29. Mai 1969

Ausstellungspriorität: —

30

Unionspriorität

32

Datum: —

33

Land: —

31

Aktenzeichen: —

54

Bezeichnung: Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem

61

Zusatz zu: —

62

Ausscheidung aus: —

71

Anmelder: List, Dipl.-Ing. Heinrich, 7000 Stuttgart-Möhringen

Vertreter: —

72

Als Erfinder benannt: Erfinder ist der Anmelder

Benachrichtigung gemäß Art. 7 § 1 Abs. 2 Nr. 1 d. Ges. v. 4. 9. 1967 (BGBl. I S. 960): 18. 3. 1968

DT 1 489 088

Am

Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem

Es sind zahlreiche elektromagnetische Systeme bekannt, bei denen das Kraftspiel zwischen einem permanentmagnetischen und einem elektromagnetischen Teil ausgenutzt wird.

Eines der bekanntesten Systeme ist das des elektrodynamischen Lautsprechers, bei dem eine stromdurchflossene Spule in einem permanentmagnetischen Feld quer zur Richtung der Feldlinien bewegt wird. Dieses System wird auch schon zur Schwingkraftherzeugung mit technischem Wechselstrom benutzt wie z.B. zum Antrieb von kleinen Kompressoren.

Es gibt ferner Systeme, bei denen scheibenförmige Permanentmagnete innerhalb eines eisenarmierten wechselstrombeschickten Statorsystems in axialer Richtung bewegt werden, und weiterhin solche, bei denen sowohl die Spulen mit ihren Eisenarmierungen als auch die Permanentmagnete statorseitig feststehen, während nur ein ferritischer Anker als magnetische Feldbrücke benutzt wird.

Schliesslich sind Anordnungen bekannt, bei denen ein axial magnetisierter Permanentmagnet im Innern von Solenoidspulen zur Antriebswirkung gebracht wird. Diese Systeme arbeiten eisenlos, sie sind daher zwar querkraftfrei aber nur für geringe Leistungen verwendbar.

Die vorliegende Erfindung setzt in diesem Punkt ein. Es soll ein möglichst querkraftarmes System geschaffen werden, dessen Wirk-Effekt dem der besten bisher bekannten magnetischen oder dynamischen Systeme gleich oder nahe kommen soll.

Aufbaumässig werden in an sich bekannter Weise axial magnetisierte zylindrische Permanentmagnete in coaxialen zylindrischen Spulen dadurch zur Kraft- und Bewegungswirkung gebracht, dass ihr radial sich ausbreitender Fluss mit den stromdurchflossenen Spulen eine dynamische Relativkraft erzeugt, wobei aber die Spulen mit ihren Armierungen feststehen, während nur die Permanentmagnete die Bewegung und Kraftabgabe übernehmen. Auch bei der Verwendung von Armierungen zum Zweck der Effekt-Erhöhung lassen sich die Querkräfte hierbei klein halten, ebenso wie sich Feinstpassungen zwischen polbildenden Teilen vermeiden lassen.

Im Rahmen der Erfindung wurde versucht, eine optimale Antriebsleistung eines solchen Systems zu erreichen. Hierzu müssen folgende Merkmale richtig erkannt sein und kombiniert werden:

Die Eisenarmierung muss so gestaltet sein, dass der erzeugte magnetische Fluss allein auf die Spulenbereiche konzentriert wird. Dies erreicht man erfindungsgemäss dadurch, dass der Eisenmantel im Bereich der Spulen dieselben möglichst eng umschliesst, während der Bereich des Mantels zwischen den Spulen (bei Verwendung zweier Spulen) sogar eine Wölbung nach aussen aufweisen kann.

Zweitens muss der Permanentmagnet so dimensioniert sein, dass seine Länge und damit sein H-Wert so gross wird, dass ein Luftspalt von der Dicke der Spulen mit einem Fluss durchsetzt wird, der dem Gesamtfluss gleich oder nahe kommt, den der Permanentmagnet hergibt. Diese Dimensionierung des Permanentmagneten, in Bezug auf Durchmesser zur Länge, bewegt sich erfindungsgemäss im Zahlenverhältnis 1 : 0,2 bis 1 : 3 bei Verwendung von Barium-Ferrit und im Verhältnis 1 : 1 bis 1 : 5 bei Verwendung von Alnico.

Drittens müssen die Spulen so bemessen sein, dass insbesondere in ihrer Dicke (Fensterhöhe) der Bezirk nicht wesentlich überschritten wird, in dem eine genügende Flussdichte des Permanentmagneten vorherrscht. Erzielt man

durch niedrige Spulenhöhe (= geringem Luftspalt) eine entsprechend höhere Luftspalt-Induktion, so muss bei gegebener Bemessung des Permanentmagneten die Wirkbreite der Spule ebenfalls abnehmen. Man gelangt also durch Wahl eines kleinen Luftspaltes (= geringer Spulenhöhe) zu einer grossen Kupferersparnis. Dabei wird die Energie-Beaufschlagung des Kupfers zwar gross, aber durch Vergiessen der Spule(n) mit dem Mantel und durch weitere geeignete wärmetechnische Massnahmen lässt sich die Wärme gut genug ableiten, eben weil die Spulen auf der Statorseite fest angeordnet sind. Ausserdem gelangt man durch die Verwendung einer solchen kleinen Spule zu einer hohen Kraftabgabe, allerdings unter dem Nachteil eines geringeren Hubes.

Da sich aber die Magnet-Arbeit aus Kraft mal Hub zusammensetzt, muss das System durch Vergrösserung der Wirkbreite der Spulen den praktischen Bedingungen angepasst werden. Hierbei fällt zwar die Kraft mit der Wurzel der Wirkbreitenvergrösserung, die Arbeit steigt jedoch linear mit dem Hub. Nachstehende Formeln machen das deutlich.

$$F \sim B \sqrt{P \cdot s \cdot h \cdot D_m} \cdot k \quad (1)$$

$$A = F \cdot x \quad (2)$$

F = Kraft, B = Mittlere Induktion im Spulenbereich, P = Leistung, s = Spulenlänge (Wirkbreite), h = Spulendicke (Fensterhöhe),  $D_m$  = Mittlerer Spulendurchmesser, A = Arbeit, x = Hub, K = Zahlenfaktor.

Es gilt also nun bei einem gewünschten Hub und damit gegebener Wirkbreite ein Optimum für die Spulendicke zu finden. Die Bemessung der Spule erfolgt demnach erfindungsgemäss derart, dass - im Rahmen des gewünschten Hubes - ihre Abmessungen in Breite und Höhe auf den magnetisch durchsetzten Raum konzentriert sind.

Für das richtige Zusammenwirken von Permanentmagnet und Spulen ist schliesslich die Verbindung des in den vorgestellten entsprechenden Abschnitten Gesagten ausschlaggebend. Erfindungsgemäss werden die optimalen Abmessungen

909822/0652

BAD ORIGINAL

- unter Berücksichtigung der baulichen Gegebenheiten - jeweils aus der Formel (1) bestimmt.

Die Anwendungsmöglichkeiten eines solchen elektromagnetischen Antriebssystems sind sehr mannigfaltig. Sie reichen von Hubmagneten über Relais und Schütze zu Steuerungsmagneten und Schwingantrieben (für Pumpen, Kompressoren u.a.m.). Es ist aber auch in der Umkehrung als Indikator und Generator benutzbar.

In der Ausführung gibt es zahlreiche Varianten, wobei entweder eine oder mehrere Spulen oder ein oder zwei (bis mehrere) Permanentmagnete in gegenseitige Wirkverbindung gebracht werden können.

Die Eisenarmierung kann sich darauf beschränken, nur auf der Aussenseite der Spulen den Rückschluss des Permanentfeldes zu verbessern, so dass die Eisenteile vom beweglichen Permanentmagnetanker weit genug entfernt bleiben, um so gut wie keine Querkräfte zu erzeugen. Führt man das Eisen zur Rückschlussverbesserung an eine Seite des Permanentmagneten näher heran, so kann man nichtsdestoweniger den Luftspalt gross genug halten, um Querkräfte tunlichst niedrig zu lassen.

Man wird die Spule oder die Spulen in Vergliessmassen mit ferritischen Mantelteilen oder sogar mit ferritischen Füllstoffen so vergossen, dass ein Körper grösseren Wärmeabgabevermögens entsteht, so dass man die Spulen selbst elektrisch höher beaufschlagen kann.

Insbesondere als Hubmagnet bietet das erfindungsgemässe System grösste Vorteile. Die Hauptkraftwirkung kommt auch bei grösseren Hübten schon im Hub-Beginn zustande und auch die Induktivität wird wesentlich geringer, so dass die Ansprechzeit aus diesen beiden Gründen bedeutend herabgesetzt wird.

Der Permanentmagnetanker kann ein- oder beidseitig ferritische Polstücke tragen, die die Querüberleitung des Flusses ohne Beeinträchtigung des Magneten begünstigen. Die Rückführung des Flusses erfolgt über einen Eisenmantel und rückseitig über einen Eisenflansch.

Will man gegen Hubende die Kraftwirkung zunehmen lassen, so kommt man zu einer Kombination dieses dynamischen Prinzips mit einem normalen Elektromagneten, wobei man vorderseitig einen Eisenschluss vorsieht, der den Gesamtfluss zum Hubende schliesst. Hierbei muss allerdings berücksichtigt werden, dass der permanente Flussanteil nach dem Abschalten des Magneten stehen bleibt und dass eine Rückstellfeder vorgesehen sein muss, die die korrespondierenden Kräfte überwindet. Bei Oppositionspolen setzt dies einen grösseren Restluftspalt und eine Rückstellfeder mit progressiver Charakteristik oder eine zusätzliche Abdrückfeder voraus.

Noch besser ist es aber, mit Schubpolen zu arbeiten und auch bei diesen einen grösseren radialen Luftspalt zu belassen, so dass eine nicht zu starke Rückstellfeder in der Lage ist, die permanentmagnetisch stehenbleibenden Kräfte zu überwinden.

Natürlich bietet ein solcher Hubmagnet auch noch einen weiteren Vorteil. Er kann durch Gegen-Impuls zur zwangsläufigen, kraftstarken Rückstellung gebracht werden. Hierbei wäre unter Umständen eine permanentmagnetische Haftung in der Hubendlage erwünscht, da der Magnet dann stromlos in dieser Stellung verbleiben kann, bis er durch Gegenimpuls gelöst und beschleunigt (nämlich mit voller Kraftwirkung) zurückgestellt wird.

Wie die Erfindung ausgeführt werden kann, zeigen mit den für sie wesentlichen Teilen folgende Zeichnungen.

Fig. 1 zeigt zwei gegensinnig magnetisierte, fest miteinander verbundene Permanentmagnete (3 und 4), die innerhalb einer Spule (1) zur gleichgerichteten Antriebswirkung gebracht werden. Die Nordpole der beiden Dauermagnete können auch durch ein ferritisches Zwischenstück verbunden sein. Für die Grösse der Spule ist die dick gezeichnete Form zu bevorzugen. Das gezeichnete elektromagnetische Antriebssystem kann sowohl mit Gleichstrom als

auch mit Wechselstrom betrieben werden. Das gleiche gilt für alle folgenden gezeichneten Systeme bis einschliesslich Fig. 6.

In Fig. 2 ist ein Antriebssystem dargestellt, bei dem zwei gleichsinnig magnetisierte Permanentmagnete (3 und 4) innerhalb einer Spule (1) gegeneinander angetrieben werden. (In Fig. 1 und 2 ist der an sich notwendige Eisenmantel nicht gezeichnet).

Fig. 3 stellt ein elektromagnetisches Antriebssystem dar, das mit einem Permanentmagneten (3) und zwei gegeneinandergeschalteten Spulen (1 und 2) arbeitet. Hierbei sind die beiden Spulen in eine Verglessmasse (5) eingegossen, die ferritische Füllstoffe enthält zur Verbesserung des magnetischen Rückschlusses und zur Herstellung eines Körpers grösseren Wärmeabgabevermögens. Die Zone (6) zwischen den beiden Spulen muss jedoch frei von den ferritischen Einschlüssen bleiben.

Fig. 4 zeigt den Halbschnitt eines Systems, dessen beide Spulen (1 und 2) durch einen rückschlussverbessernden Eisenmantel (7) umschlossen bzw. verbunden sind. Der innerhalb der Spulen zur Antriebswirkung gebrachte Permanentmagnet (3) ist an seinen Enden mit ferritischen Polstücken (8 und 9) zur Verbesserung der Flussausbreitung versehen.

In Fig. 5 ist ein Antriebssystem gezeichnet, das ähnlich dem in Fig. 4 dargestellten arbeitet. Der die Spulen (1 und 2) umschliessende rückschlussverbessernde Mantel (7) ist jedoch rohrförmig ausgebildet und der Permanentmagnet (3) trägt statt der Polstücke vorgezogene ringförmige Pole.

Fig. 6 zeigt schliesslich ein System, das nur mit einer Spule (1) und einem Permanentmagneten (3) arbeitet. Der Eisenmantel (7) ist hierbei verhältnismässig nahe an das freie Polende des Permanentmagneten herangeführt.

Als letzte Variante der Erfindung ist in Fig. 7 ein Hubmagnet dargestellt. Im Innern einer schlanken Spule (1) ist als Tauchanker ein Permanentmagnet (3) angeordnet. Der Gegenpol (10) ist bei dieser Ausführung als Schubpol ausgebildet. Zur Rückstellung des Permanentmagneten wird zweckmässigerweise eine Rückstellfeder mit progressiver Charakteristik oder eine zusätzliche Abdrückfeder verwendet.

909822/0652

- 1) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem mit axial magnetisierten Dauermagneten als bewegliche Teile innerhalb konzentrischer Spulen dadurch gekennzeichnet, dass eine optimale Antriebswirkung im Sinne des elektrodynamischen Prinzips erzielt wird durch die Kombination folgender Merkmale:
1. Eisenarmierungen dergestalt, dass der permanentmagnetisch erzeugte Fluss allein auf die Spulenbereiche konzentriert wird.
  2. Eine Dimensionierung der Permanentmagnete, bei der die Längen und damit die H - Werte (in Oersted) so gross gehalten sind, dass der Luftspalt von der Dicke der Spulen mit einem Fluss durchsetzt wird, der dem Gesamtfluss gleich oder nahe kommt, den der Permanentmagnet hergibt.
  3. Eine Bemessung der Spule in ihrer Höhe, so dass eine möglichst hohe Induktion entsteht, wobei die Breite den Erfordernissen des gewünschten Hubes angepasst ist.
  4. Eine Kombination von dem unter 2. und 3. Gesagten derart, dass Länge und Querschnitte der Permanentmagnete zu den Abmessungen der Spulen in eine solche Beziehung gebracht werden, dass nach dem Kraftwirkungsgesetz von Biot-Savart zwischen den stromdurchflossenen Spulen und dem sie radial durchdringenden Permanentmagnetfluss eine maximale dynamische Relativkraft erzeugt wird.
- 2) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) dadurch gekennzeichnet, dass zwei gegensinnig magnetisierte, mechanisch starr verbundene Permanentmagnete innerhalb einer Spule zur Antriebswirkung gebracht werden.
- 3) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) dadurch gekennzeichnet, dass zwei gleichsinnig magnetisierte, mechanisch gegeneinander laufende Permanentmagnete innerhalb einer Spule zur Antriebswirkung gebracht werden.



- 4) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) dadurch gekennzeichnet, dass ein zylindrischer Dauermagnet innerhalb zweier, gegeneinander geschalteter Spulen zur Antriebswirkung gebracht wird.
- 5) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) dadurch gekennzeichnet, dass das System mit einem Dauermagneten und einer Spule arbeitet, wobei zur Rückschlussverbesserung ein die Spule umschliessender Eisenmantel verhältnismässig nahe an das freie Polende des Dauermagneten herangeführt ist.
- 6) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) bis 5) dadurch gekennzeichnet, dass in Umkehrung des Systems der Permanentmagnetkern mechanisch angetrieben wird und in der oder den Spulen eine Spannung induziert. (Indikator- oder Generatorwirkung).
- 7) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) bis 6) dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete aus Barium-Ferrit bestehen und ein Verhältnis von Durchmesser zu Länge zwischen 1 : 0,2 und 1 : 3 aufweisen.
- 8) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) bis 6) dadurch gekennzeichnet, dass die Permanentmagnete aus Alnico bestehen und ein Verhältnis von Durchmesser zu Länge zwischen 1 : 1 und 1 : 5 aufweisen.
- 9) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) bis 8) dadurch gekennzeichnet, dass die Spule oder Spulen in einem grossvolumigen gespritzten Körper aus Vergiessmasse eingegossen sind, der ferritische Mantelteile oder Füllstoffe enthält zum Zwecke verbesserter magnetischer Leitfähigkeit im Rückschluss und zur Herstellung eines Körpers vergrösserten Wärmeabgabevermögens.

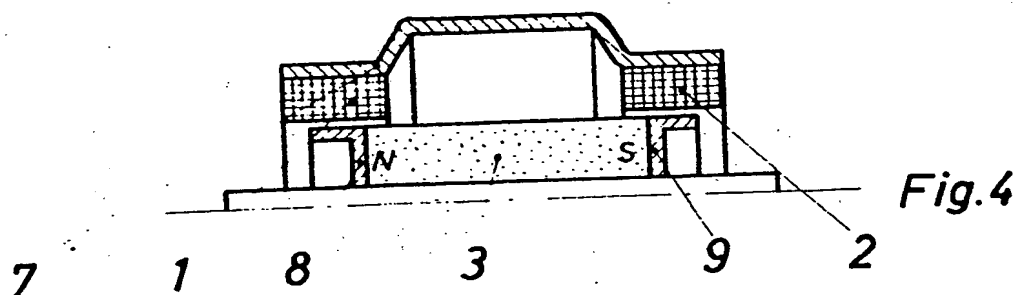
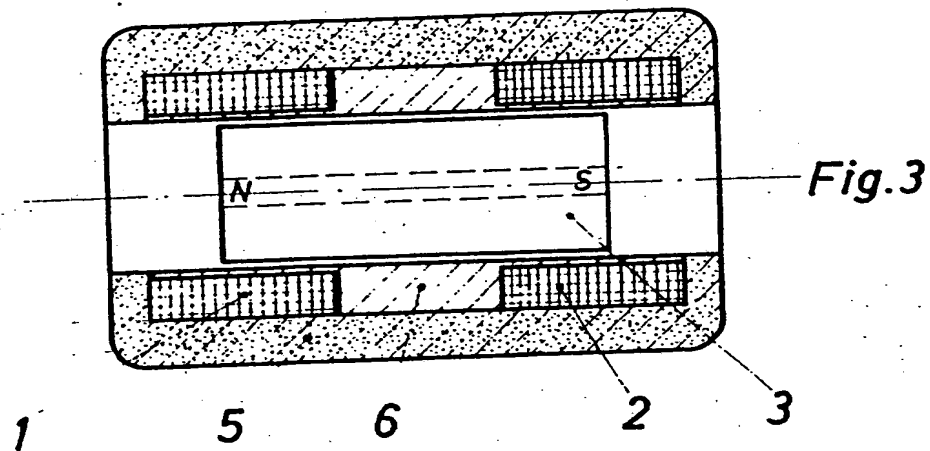
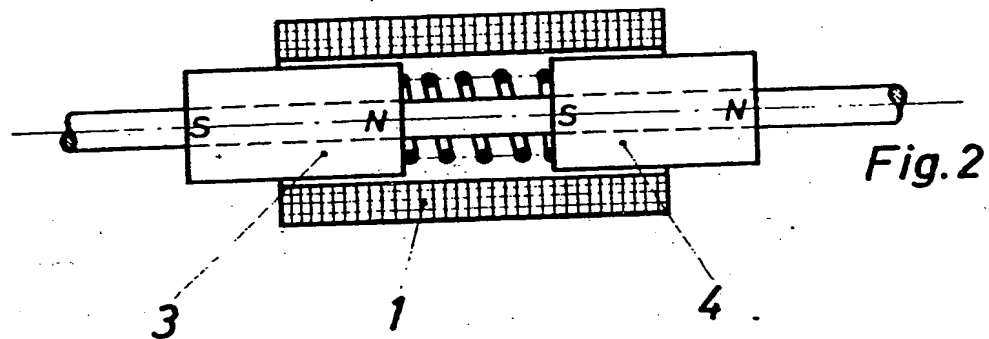
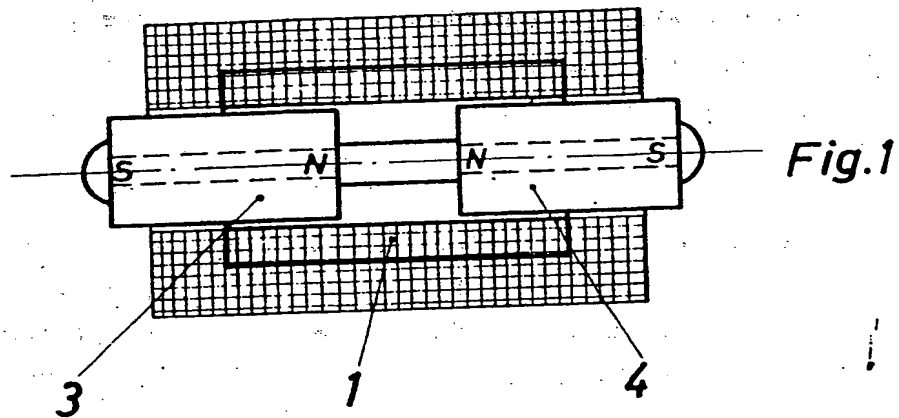
909822/0652

ORIGINAL INSPECTED

- 10) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1), 2) und 6) bis 9) dadurch gekennzeichnet, dass die beiden angetriebenen zylindrischen Dauermagnete durch ein ferritisches Zwischenstück verbunden sind.
- 11) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 2), 3), 6), 8) und 10), dadurch gekennzeichnet, dass das System mit ferritischen Endscheiben ausgestattet ist, die entweder mit bewegt werden oder statorseitig feststehen und die der besseren Flussausbildung dienen.
- 12) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) bis 11) dadurch gekennzeichnet, dass bei entsprechender Spulenform die Dauermagnete rechteckige Querschnitte aufweisen.
- 13) Polarisiertes elektromagnetisches Antriebssystem gemäss 1) dadurch gekennzeichnet, dass das Prinzip der elektrodynamischen Kraftbildung mit der Wirkung des einfachen Hubmagneten kombiniert ist, wobei ein als Tauchanker benutzter Permanentmagnet innerhalb einer langen, schlanken Spule zur Antriebswirkung gebracht wird und der Gegenpol vorzugsweise als Schubpol ausgebildet ist.

21g 2-01 14 89 088 O.T: 29.5.1969

1489088



909822/0652

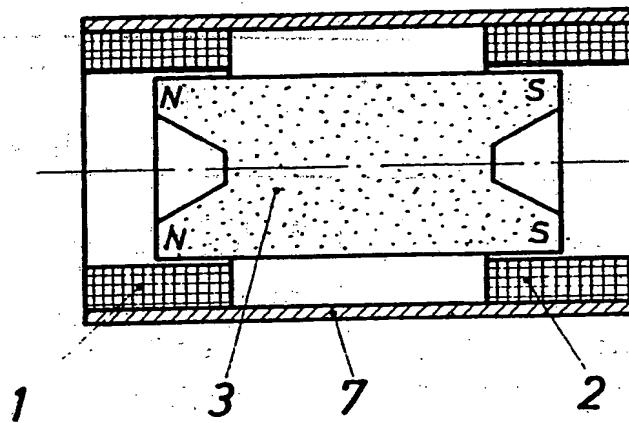


Fig. 5

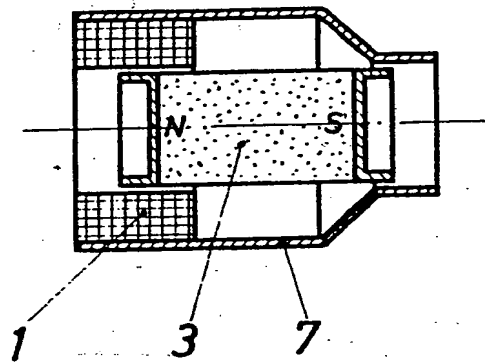


Fig. 6

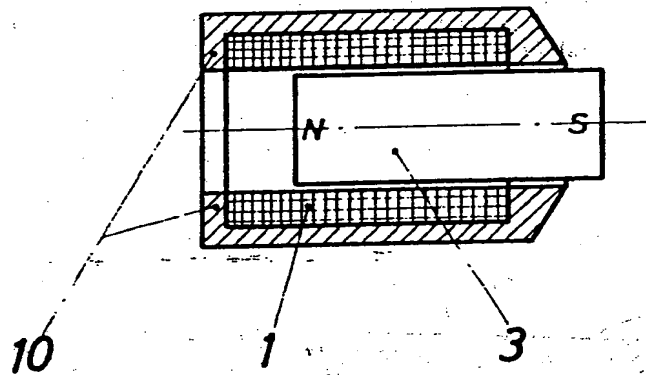


Fig. 7